



Comprehensive Evaluation of the Environmental and Socio-Economic Impacts of Adopting Advanced Technologies for Treatment of Sewage Sludge in Beijing

著者	張 国豊
発行年	2014
その他のタイトル	北京市における先進的汚泥処理技術の導入による環境と社会経済への影響の総合評価
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7122号
URL	http://hdl.handle.net/2241/00124176

氏名（本籍）	張 国豊（Guofeng ZHANG）（ 中国 ）		
学位の種類	博 士（ 環境学 ）		
学位記番号	博 甲 第 7122 号		
学位授与年月日	平成26年 7月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Comprehensive Evaluation of the Environmental and Socio-Economic Impacts of Adopting Advanced Technologies for Treatment of Sewage Sludge in Beijing (北京市における先進的汚泥処理技術の導入による環境と社会経済への影響の総合評価)		
主査	筑波大学教授	学術博士	氷 鮑 揚四郎
副査	筑波大学教授	博士（農学）	張 振亜
副査	筑波大学准教授	博士（工学）	ヤバール・ヘルムート
副査	筑波大学准教授	博士（学術）	水野谷 剛

論 文 の 要 旨

下水処理過程で生成される副産物である下水汚泥の処理が中国では適切になされておらず、水環境悪化や GHG 排出による地球温暖化を促進している。本論文では、北京市に焦点を当てて同市の第 12 次 5 カ年計画の水環境改善目標を達成するための下水および下水汚泥処理新技術の導入と、その促進のための補助金等の環境政策について分析しものである。本論文は、全 6 章で構成される。第 1 章は序論で、研究の背景、研究課題、既存文献のサーベイ等についてまとめ、第 2 章は北京市の水環境、GHG 排出現況について分析している。2010 年時点の下水道普及率が 80%、下水汚泥適正処理率が 50%であり、その結果、北京市の全窒素（T-N）および全リン（T-P）の総生成量のそれぞれ 60%および 46%が下水汚泥起源であること、T-N の環境への排出総量のうち 30%が下水汚泥に由来すること、また温室効果ガス（GHG）総排出量の 2%が汚泥由来であること等を示した。市政府は、5 カ年計画において 2015 年までに水質汚濁物質を化学的酸素要求量（COD）で測って 2010 年比で 8.7%削減し、2020 年までに地域総生産額（GRP）当たり GHG 排出量（GHG 排出密度）およびエネルギー消費量（エネルギー消費密度）を対 2010 年比で 36%および 34%各々削減することを目標としているが、現状との間には大きなギャップがあることを指摘した。第 3 章では、社会経済モデルに水質汚濁物質の発生、輸送モデルを組み込んだシミュレーションモデルを構築し、排水および下水汚泥処理新技術の導入効果とそのときの水環境改善効果を分析している。制御する水質汚濁物質は、COD、T-N、T-P の 3 種類、面源系土地利用は農地、森林等 4 分類、ゾーン数は行政単位に基づいて 11、点源系は、家計と 11 分類された産業、水環境政策としては生産休業補償金、水源林保全補助金を特定化した。新たに、排水処理能力を上げるための排水処理新技術として一般的なメンブレンバイオリアクター（MBR）と高濁度排水処理システム（HTSPR）を、また下水汚泥処理技術として嫌気性硝化流動層乾燥（A-F）と流動層乾燥燃焼（F-C）をそれぞれ想定した。新技術導入無で 2020 年まで T-P、T-N、COD の値を 2010 年実績値以下（それぞれ、5,387、58,548、202,861 トン）にすることを制約として 2020 年まで推移した場合（シナリオ 1）、第 12 次 5 カ年計画を達成することを前提に、2020 年までに 2010 年比で水質汚濁物質を 15%削減する場合（シナリオ 2）、排水処理新技術を導入し 15%削減する場合（シナリオ 3）、さらに排水処理と下水汚泥処理新技術を導入して 15%削減する場合（シナリオ 4）について分析した。シナリオ 4 が最も高い GRP 平均成長率（8.01%）を実現することから、排水ばかりでなく下水汚泥の適正処理が経済成長と水環境改善の両立に効果的であることを明らかにした。

第 4 章では、下水汚泥適正処理技術には、水環境改善効果ばかりでなく、処理過程で生成されたメタンや燃焼熱をエネルギー利用することで GHG 削減にも貢献することに着目し分析を行なった。排水

処理技術としては MBR、動的 MBR(DMBR)、超音波 MBR(UMBR)および抽出 MBR(EMBR)の 4 技術を想定した。また、下水汚泥処理技術としては大連市で導入し、初期費用、運転費用も比較的安い A-F (A-F-I とおく)、上海市で導入し、初期費用、運転費用も比較的高いがバイオガス生成効率が A-F-I の 2 倍近く高い A-F (A-F-II とおく)、処理容量は同じであるが、浙江省嘉興市で導入した比較的初期費用が安く運転費用の高い F-C (F-C-I とおく)、青島市で導入した初期費用が高く運転費用が安い F-C (F-C-II とおく) の 4 技術を想定した。第 5 章は、新技術導入想定無しで、水質汚濁物質を一律で 2020 年までに 2010 年比 10%削減するシナリオ 1、排水処理新技術導入を想定して 15%削減するシナリオ 2、排水および下水汚泥処理新技術導入を想定し、15%削減するシナリオ 3、さらに 25%削減するシナリオ 4 について分析した。エネルギー利用と GHG 削減効果を総合評価した結果、平均 GRP 成長率でシナリオ 3 が 8.27%、シナリオ 4 が 8.03%でともに北京市政府目標を達成し、やはり下水汚泥の適正処理がより高い経済成長率と水環境改善を両立させるためには重要であることを明らかにした。また、そのときの GHG 密度はシナリオ 2、3、4 について 2020 年までに 48%、47%、47%削減され、いずれも政府目標を達成し、同様にエネルギー密度も政府目標を達成するが、シナリオ 1 ではいずれも達成不可能であること等を示した。第 6 章は、結論と今後の課題についてまとめている。

審 査 の 要 旨

シミュレーションモデルはオリジナルなもので信頼性も検証されており、政策評価手法として高い汎用性を備えている。必ずしも空間的に一律の環境経済政策の実施が効果的ではないこと；北京市中心地区の経済発展と水環境対策が最も重要であり、A-D-F-I、A-D-F-II および F-C-II が、それぞれ 5 基、6 基、1 基設置され、対 GRP の COD 排出密度は 2020 年時点で 57t/百萬元を達成し、これは北京市全体の平均値 (150t/百萬元) をはるかに下回ること；中心地区以外では、Shunyi 地区と Daixing 地区は大幅に経済発展を促し、Mentougou 地区等で下水普及率が上昇し、また下水汚泥プラントは空間的な最適配置から Mentougou、Chanpin、Yangqin の 3 地区にのみ A-D-F-I、A-D-F-II が集中的に各々 1 基ずつ設置される等の今後の北京市の環境政策を考える上で有益な結果を示した。さらに、排水と下水汚泥の適正処理を同時に行なうと、水質汚濁物質の一律削減では、むしろ COD の削減がボトルネックになる等の興味ある結果を明らかにした。

平成26年5月19日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。